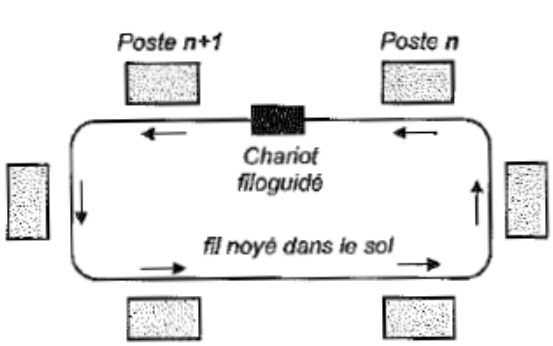
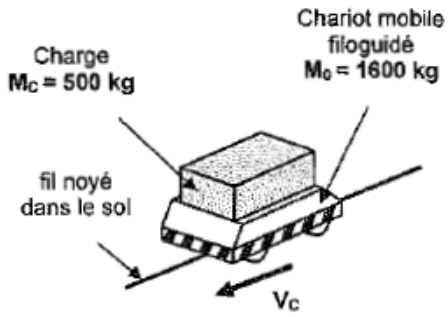
Etude de la motorisation d'un chariot filoguidé

1. Présentation

Parmi les concepts récents importants du domaine de la fabrication mécanique, on ne peut ignorer la notion d'**atelier flexible**. Un atelier flexible est en fait un atelier pouvant changer de fabrication de façon la plus automatisée possible. Il est composé de postes fixes de travail, pouvant comporter une machine-outil, ainsi que des **chariots mobiles** dont le rôle est de transporter les pièces et outillages nécessaires d'un poste à l'autre de l'atelier.





Les trajets empruntés par ces chariots motorisés sont définis par des fils noyés dans le sol, dans lesquels une information électrique circule.

On veut déplacer un chariot filoguidé de masse M_0 = **1600 kg** et sa charge de masse M_C = **500 kg**. Ce déplacement se fait sur le plat à vitesse constante V_C = **0,7 m/s**. Pour passer d'une vitesse de déplacement nulle à la vitesse de déplacement V_C (phase d'accélération), et pour passer d'une vitesse de déplacement V_C à la vitesse de déplacement nulle (phase de décélération), le **profil de vitesse** suivant a été adopté.

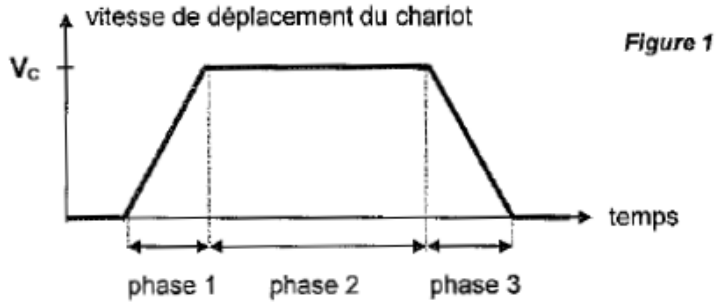


Figure 1

2. Interface électromécanique : choix de la motorisation

2.1/ En considérant que la transmission mécanique est parfaite, donner l'expression du moment d'inertie ramené J au niveau du moteur, en fonction des masses M_0 et M_C, de la vitesse de déplacement du chariot **V** et de la vitesse de rotation du moteur Ω.

2.2/ Rappeler l'équation mécanique permettant d'exprimer le couple moteur C_M en fonction du moment d'inertie **J**, de l'accélération angulaire et du couple résistant C_R.

2.3/ Etant donné que le couple résistant est non nul et constant si la vitesse n'est pas nulle, tracer sur le document réponse **1** page 259 l'allure du couple moteur C_M en fonction du temps, pour tout le profil de vitesse.

Application numérique :

$J = 10{,}4.10^{-3}$ kg.m^2 ; C_R = 1 Nm ; Ω = 314 rad/s pour $V = V_C$
Durée de la phase 1 = 2 s ; durée de la phase 2 = 30 s et durée de la phase 3 = 2 s

2.4/ Tracer sur le document réponse **1** la puissance instantanée p_M (fournie par le moteur) en fonction du temps, pour tout le profil de vitesse. Calculer, pour les trois phases du profil, l'énergie W_M fournie par le moteur.

2.5/ L'énergie est fournie par une batterie d'accumulateurs (U_0 = **48 V** et C_A = **120 A.h**).
On suppose que la chaîne de conversion de l'énergie est sans pertes. Calculer le nombre de cycles qu'il est possible d'effectuer pour une décharge de **70%** (charge restante = 30%).

Pour la motorisation, on utilise un moteur électrique à courant continu (MCC), à aimants permanents, présentant les caractéristiques suivantes :

- Résistance d'induit : **R = 0,15 Ω**
- Coefficient de couple : **k = 0,14 Nm/A = 0,14 V/(rad/s)**
- Couple de pertes négligé
- Courant d'induit maximal : **40 A**

Cette MCC est alimentée par une source de tension continue **U** réglable.

2.6/ Tracer dans le plan Couple - Vitesse de rotation (C-Ω) la caractéristique mécanique $C_M(\Omega)$ de cette MCC associée à la source de tension lorsque $U = U_0 = 48$ V.

2.7/ Tracer dans le plan Couple - Vitesse (C-Ω) les points de fonctionnement du moteur pour obtenir le profil de vitesse désiré. Préciser les modes de fonctionnement de la MCC.

On distinguera les déplacements instantanés et les déplacements ayant une durée non nulle, en tracant, par exemple les premiers en traits pointillés et les seconds en traits pleins.

3. Etude de la conversion d'énergie électrique

On utilise un convertisseur continu - continu (hacheur) pour faire varier la tension aux bornes du moteur à partir de la tension fixe issue de la batterie d'accumulateurs. La structure du convertisseur est représentée sur la figure 2.

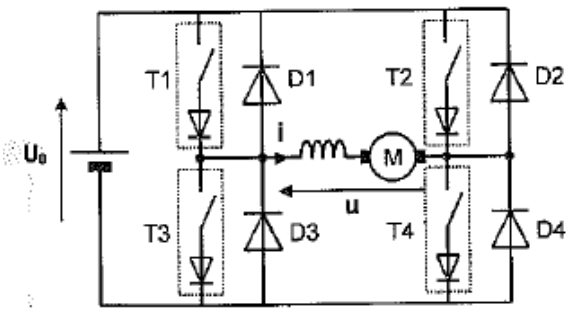


Figure 2

Structure du convertisseur

Les interrupteurs sont alternativement commandés à la fermeture et à l'ouverture sur une période de découpage **T = 50 µs**. **T1** et **T4** sont commandés à la fermeture pendant une partie de la période **αT** pendant que **T2** et **T3** sont commandés à l'ouverture. Sur l'autre partie de la période de découpage **(1-α).T**, ce sont **T2** et **T3** qui sont commandés à la fermeture et **T1** et **T4** à l'ouverture.

t ∈ [0 ; αT] : **T1** et **T4** commandés à la fermeture
T2 et **T3** commandés à l'ouverture

t ∈ [αT ; T] : **T1** et **T4** commandés à l'ouverture
T2 et **T3** commandés à la fermeture

3.1/ Etablir l'expression de la valeur moyenne de la tension **u**, notée U_{moy}, aux bornes de la charge en fonction de la tension de la source continue U_0 et du rapport cyclique α.

3.2/ Sachant que la charge est une **MCC**, de résistance d'induit **R**, d'inductance d'induit L et de force contre-électromotrice **E**, établir l'expression de l'ondulation crête à crête du courant d'induit **i**, notée **Δi** en fonction de U_0, α, **L** et **f** (fréquence de découpage).

On fera les hypothèses qui s'imposent pour simplifier le calcul.

3.3/ Quelle est la valeur de L permettant d'obtenir une valeur de l'ondulation du courant inférieure à **5 %** du courant moyen maximum ?

Application numérique : $U_0 = 48$ V ; $f = 20$ kHz ; $I_{moy\,(max)} = 25$ A

On suppose désormais le courant d'induit parfaitement lissé, noté I.

Pour suivre le gabarit de vitesse du moteur de la figure 1 , le courant d'induit **I** doit suivre le profil de la figure 3, que l'on retrouve aussi sur le document réponse **1**

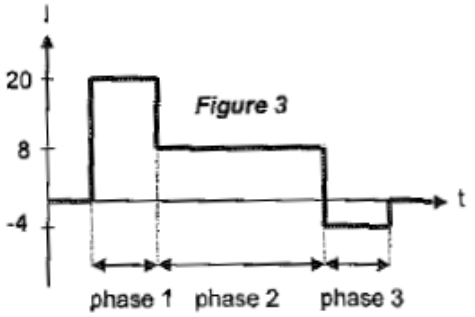


Figure 3

3.4/ Justifier à l'aide du principe fondamental de la dynamique appliqué à l'arbre moteur et du profil de vitesse du moteur (figure 1) les valeurs du courant d'induit **I** sur les différentes phases.

3.5/ Tracer sur le document réponse **2** (ci-dessous), le trajet du courant, pour les quatre points de fonctionnement spécifiés.

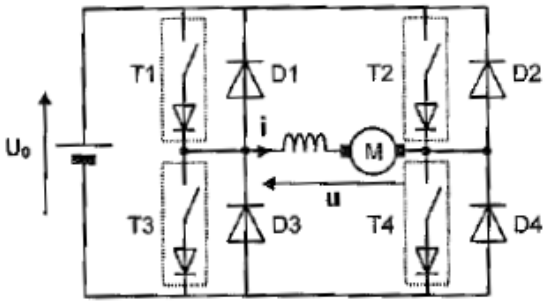
3.6/ Tracer l'allure du courant dans les quatre interrupteurs et dans les quatre diodes pour un point de fonctionnement de la phase 1 ou de la phase 2 et pour un point de fonctionnement quelconque de la phase 3. On notera "**I**" le courant d'induit, "α" le rapport cyclique et "**T**" la période de découpage.

3.7/ Donner l'expression du courant moyen et du courant efficace dans les interrupteurs **T1** et **T2** et dans les diodes **D1** et **D2** pour les trois phases du profil de vitesse, en fonction de **I** et α.

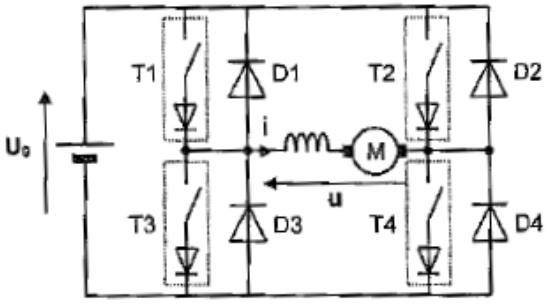
3.8/ Tracer sur le document réponse **1** l'évolution de la valeur moyenne de la tension **u**, notée $\mathbf{U_{moy}}$, en fonction du temps pour tout le profil de vitesse.

DOCUMENT RÉPONSE 2

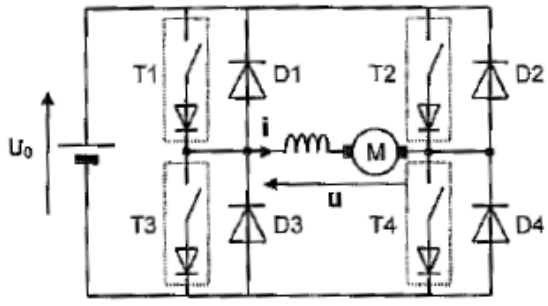
Phases 1 et 2
t ∈ [0 ; αT]



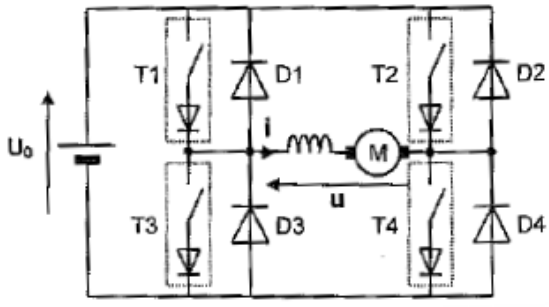
Phases 1 et 2
t ∈ [αT ; T]



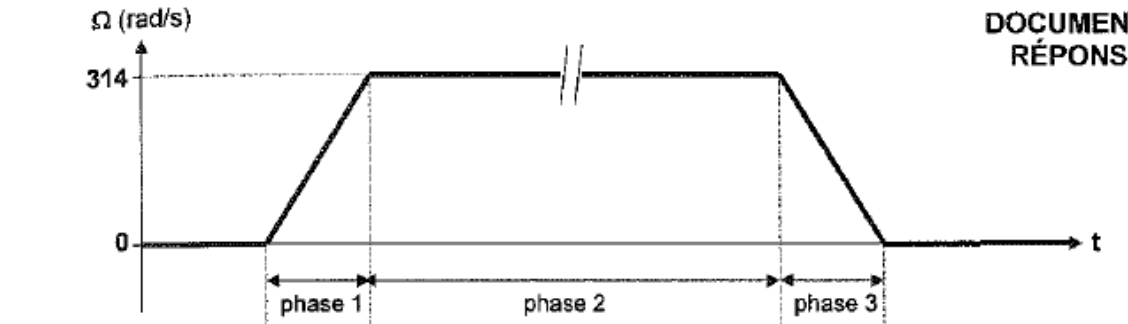
Phase 3
t ∈ [0 ; αT]



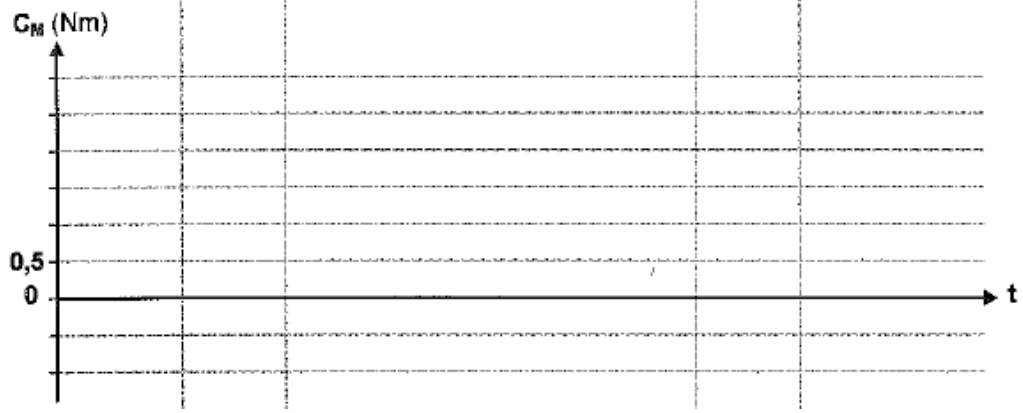
Phase 3
t ∈ [αT ; T]



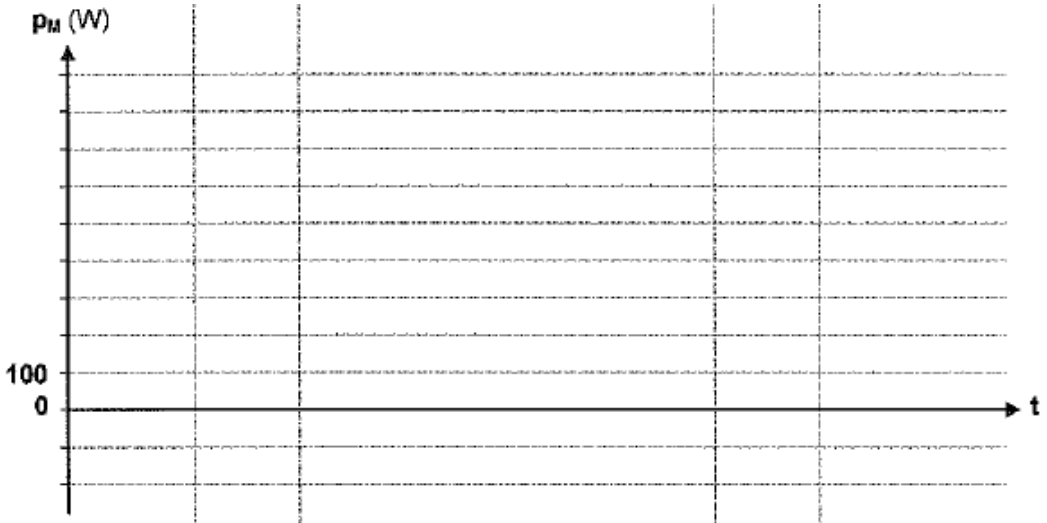
DOCUMENT RÉPONSE 1

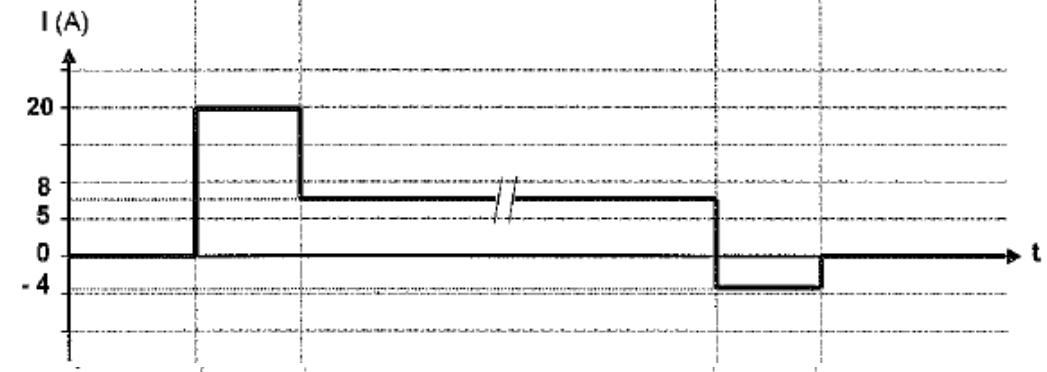
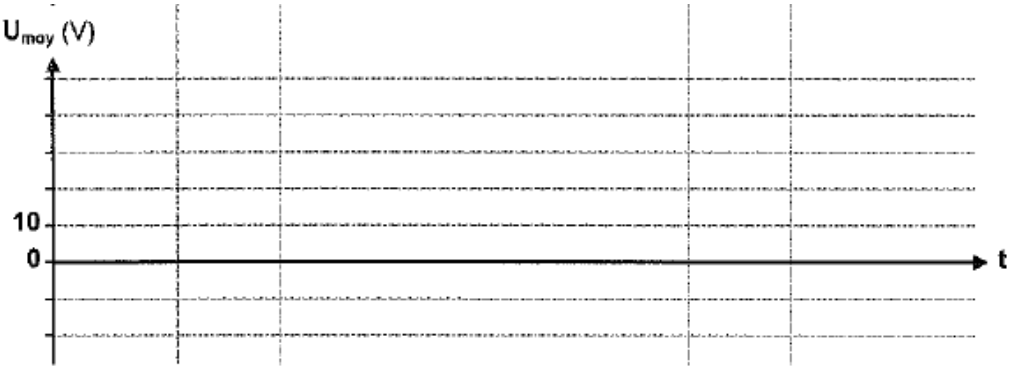


Réponse à 2.3



Réponse à 2.4





Réponse à 3.8